

Morphology

김성영교수

금오공과대학교

컴퓨터공학과

학습 목표

- Morphology의 의미를 설명할 수 있다.
- Dilation과 Erosion 연산의 용도와 동작을 설명할 수 있다.
- Opening과 Closing 연산의 용도와 동작을 설명할 수 있다.

모폴로지 Morphology 개요

- 모폴로지 (형태학)

- 생물학의 한 분야로 동물이나 식물의 모양이나 구조를 다루는 학문

- 수학적 모폴로지 mathematical morphology

- 관심 객체의 검출을 쉽게 처리할 수 있도록 영상 분할 결과를 단순화하는 방법으로 사용

- 객체 경계의 단순화, 작은 구멍을 채움, 작은 돌기의 제거 등

- Binary 영상과 Gray-scale 영상에 적용 가능

- 모폴로지 필터링 morphological filtering

- 구조적 요소 structuring element와 팽창 dilation 및 침식 erosion 연산 사용

기본 집합 이론 Basic Set Theory

Let A and B be sets in Z^2

a is an **element** of A $\rightarrow a \in A$

a is **not an element** of A $\rightarrow a \notin A$

A is a **subset** of B $\rightarrow A \subseteq B$

The **union** of A and B

$$\rightarrow A \cup B = \{x \mid x \in A \text{ or } x \in B\}$$

The **intersection** of A and B

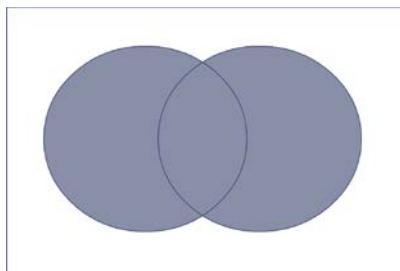
$$\rightarrow A \cap B = \{x \mid x \in A \text{ and } x \in B\}$$

The **complement** of A

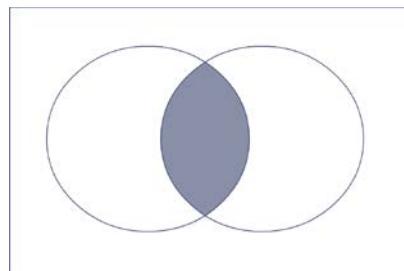
$$\rightarrow A^c = \{x \mid x \notin A\}$$

The **difference** of A and B

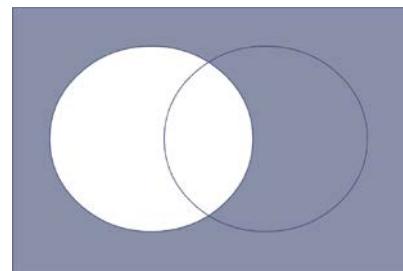
$$\rightarrow A - B = \{x \mid x \in A \text{ and } x \notin B\}$$



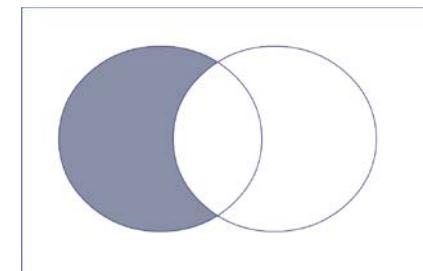
$$A \cup B$$



$$A \cap B$$



$$A^c$$



$$A - B$$

이진 영상에서의 팽창 연산 Dilation operation

- 객체의 크기를 확장

- 객체 내부의 작은 구멍을 채움
- 근접한 위치의 두 객체를 연결

$$A \oplus B = \{z \mid (\hat{B})_z \cap A \neq \emptyset\}$$

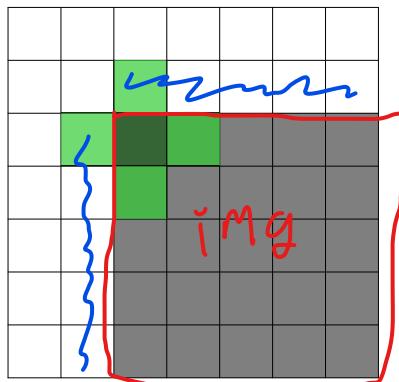
A: image

B: Structuring element

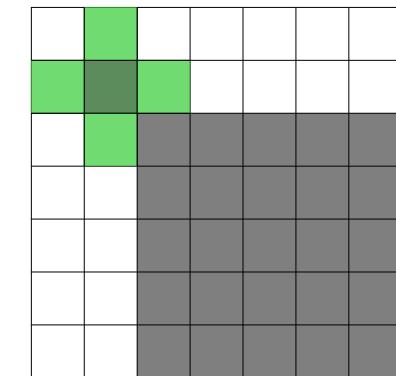
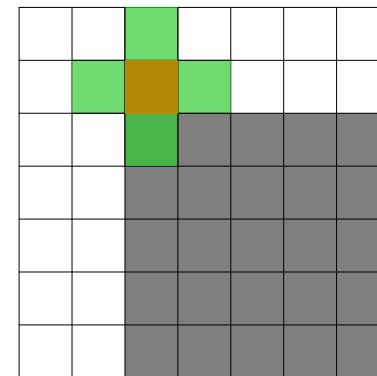
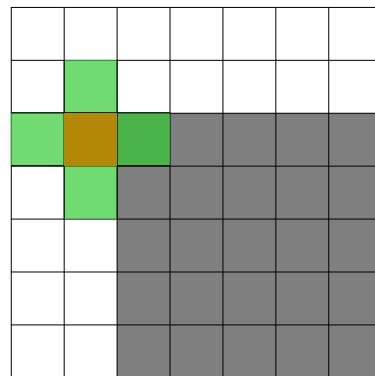
$$A \oplus B = B \oplus A$$

$$A \oplus (B \oplus C) = (A \oplus B) \oplus C$$

4연결 네



↑ 네 곳이 채워짐

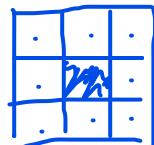


중심에 마루쳐야 연산이 됩

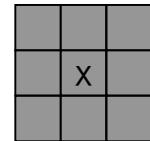
알고리즘

1. 구조적 요소의 중심이 영상의 '0'에 위치하면 다음 위치로 이동
2. 구조적 요소의 중심이 영상의 '1'에 위치하면 구조요소와 영상을 논리적 OR 연산 수행

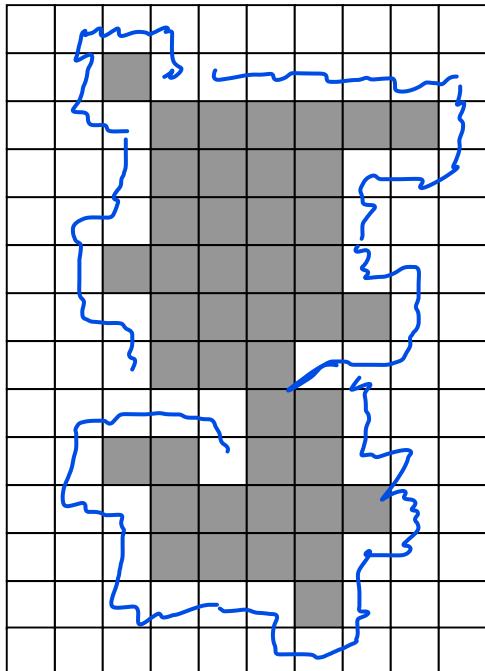
8연결성



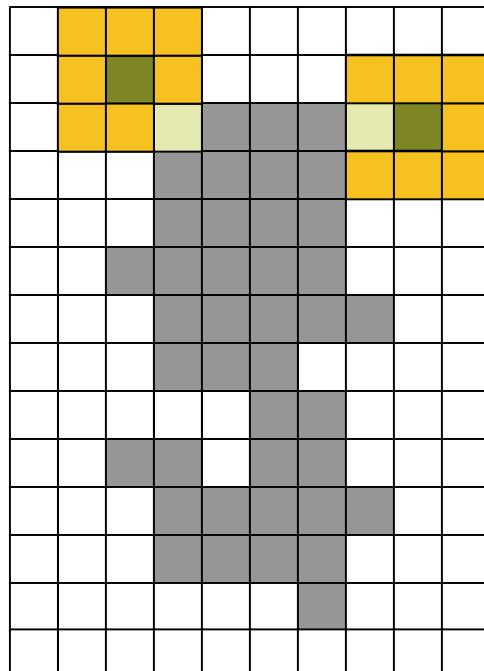
example



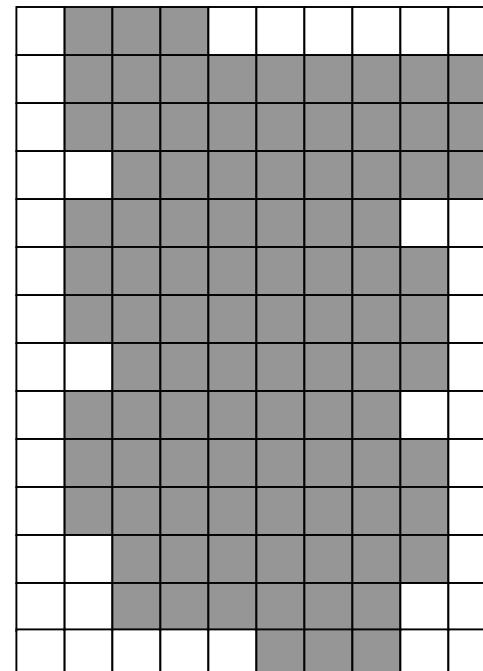
Structuring
Element



Original Image



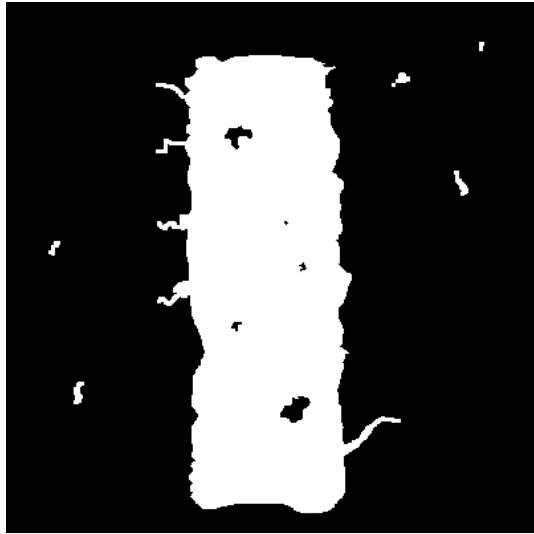
중간 결과



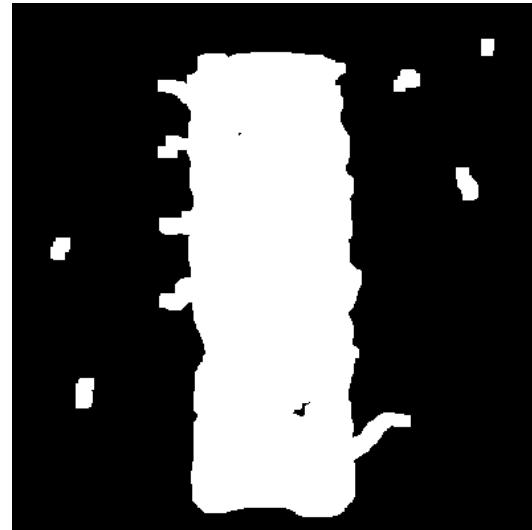
After Dilation

Section 03 이진 영상에서의 형태학 처리

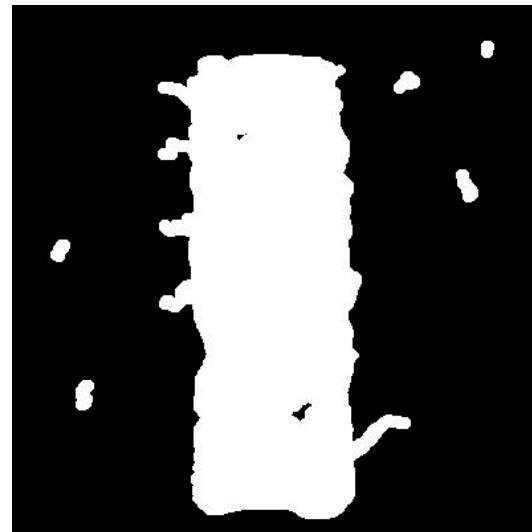
[그림 11-9] 이진 영상에서 팽창 처리 이해



Original image



Dilation with SE
of rectangle (7x7)



Dilation with SE
of circle (7x7)

[실습하기 11-2] 팽창 프로그램

⑤ 프로그램 실행 결과 영상

- 실제 이진 영상에서 팽창 처리를 수행한 결과 영상. 전체적으로 테두리의 흰색화소가 증가하여 두꺼워짐.



(a) 원본 영상



(b) 팽창 영상

실제 이진 영상에서 팽창한 결과 영상

이진 영상에서의 침식 연산 Erosion operation

- 객체의 크기를 축소

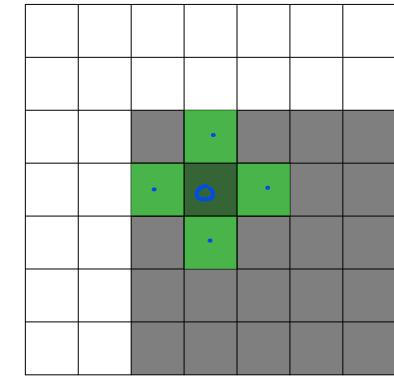
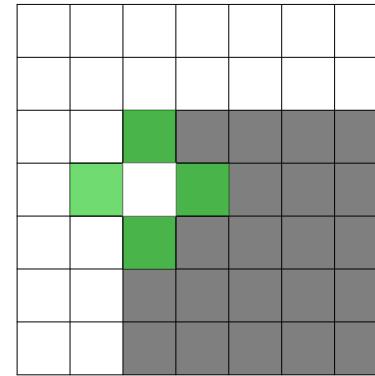
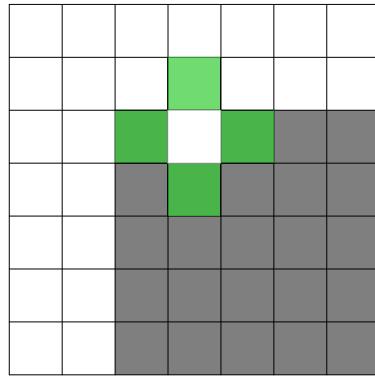
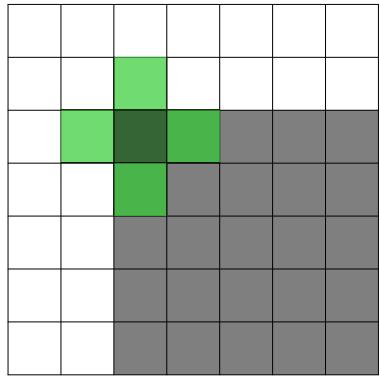
- 객체 경계를 침식
 - 작은 돌기를 제거

$$A \ominus B = \{z \mid B_z \subseteq A\}$$

A: image

B: Structuring element

완벽히
마주쳐야
연산됨

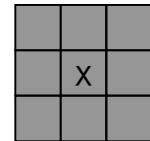


가운데만
살펴보는

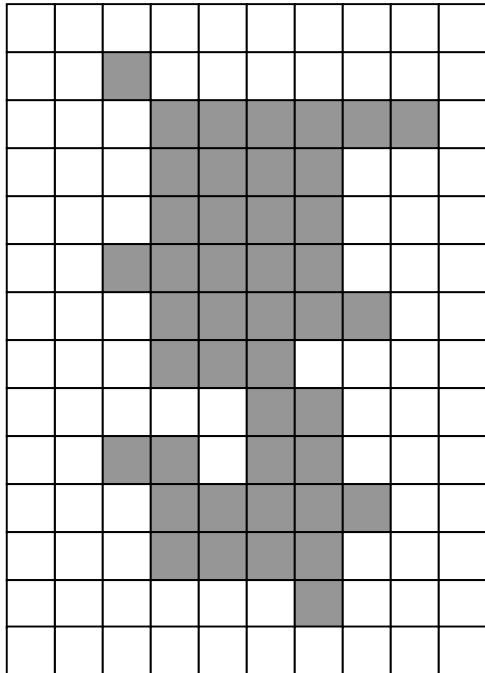
알고리즘

1. 구조적 요소의 중심이 영상의 '0'에 위치하면 다음 위치로 이동
2. 구조적 요소의 중심이 영상의 '1'에 위치하면 구조요소에서 '1' 위치가 하나라도 객체를 벗어나면 그 위치는 '0'으로 변경

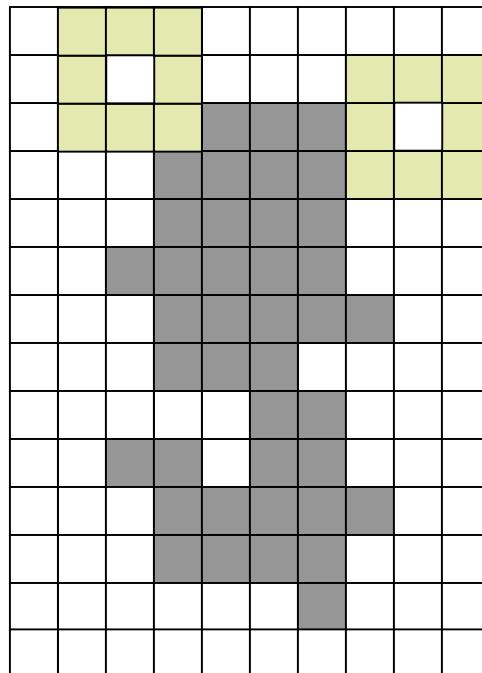
example



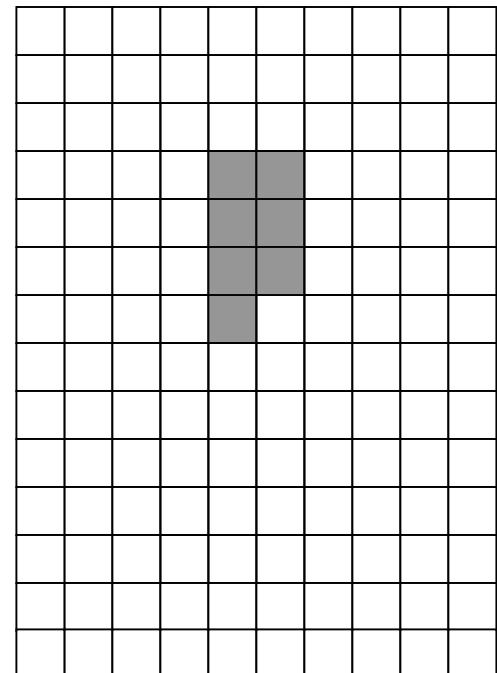
Structuring
Element



Original Image



중간 결과



After Erosion

침식[계속]

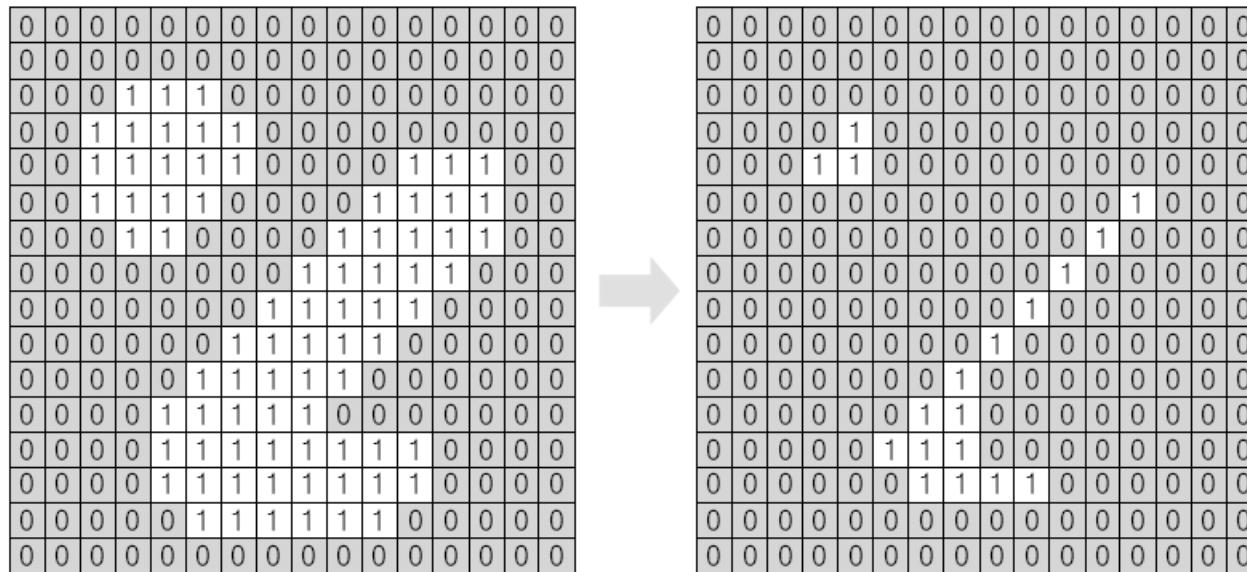
- ## 교환 법칙 성립

$$\mathbf{A} - \mathbf{B} = \mathbf{B} - \mathbf{A}$$

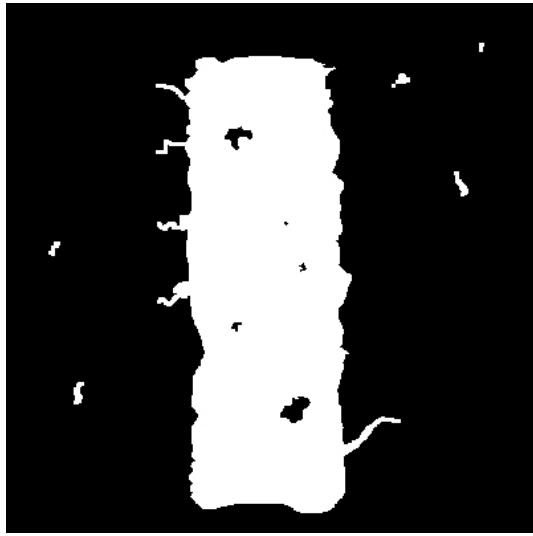
- 형태소의 크기에 따라 침식되는 정도가 결정됨

- 형태소의 크기가 작으면 침식의 정도도 작고, 크기가 크면 침식의 정도도 큼.

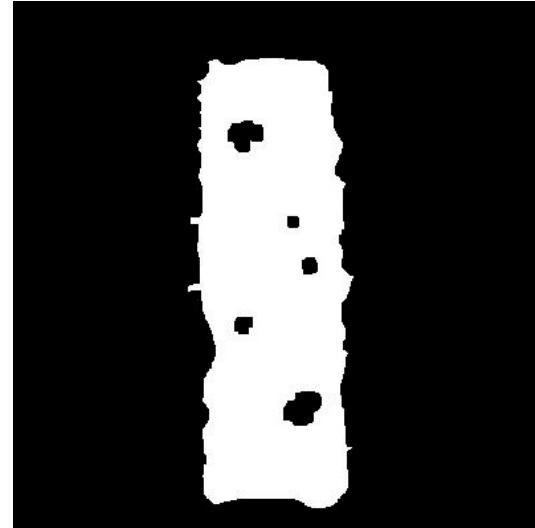
- ▶ 같은 형태소를 반복해서 적용하면 침식이 계속 일어나 객체를 완전하게 제거할 수 있음.



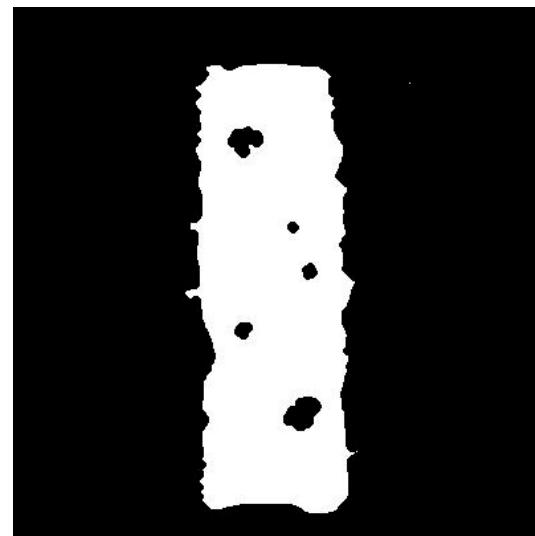
[그림 11-6] 이진 영상에서의 침식 처리 이해



Original image



Erosion with SE
of rectangle (7x7)



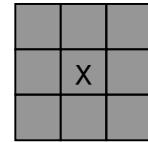
Erosion with SE
of circle (7x7)

열림 연산Opening operation

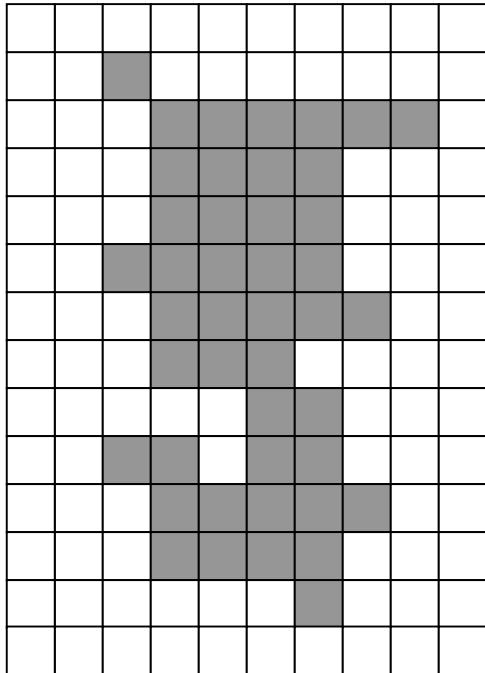
- 침식^{Erosion} 연산을 수행한 후 다시 팽창^{Dilation} 연산 적용
- 작은 크기의 객체에 포함되는 픽셀들을 제거

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B$$

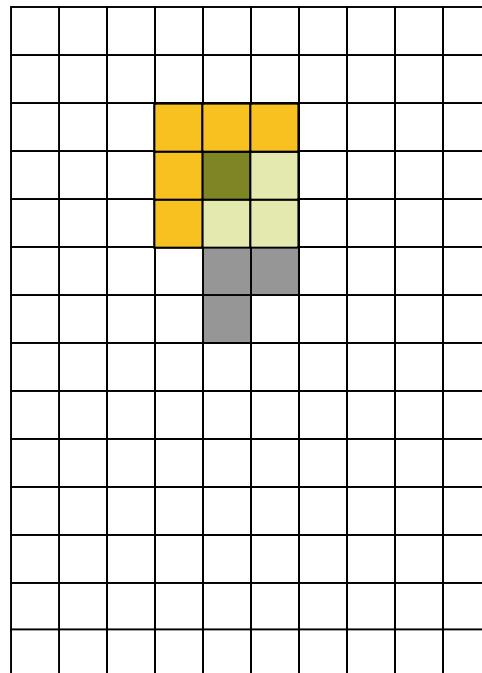
example



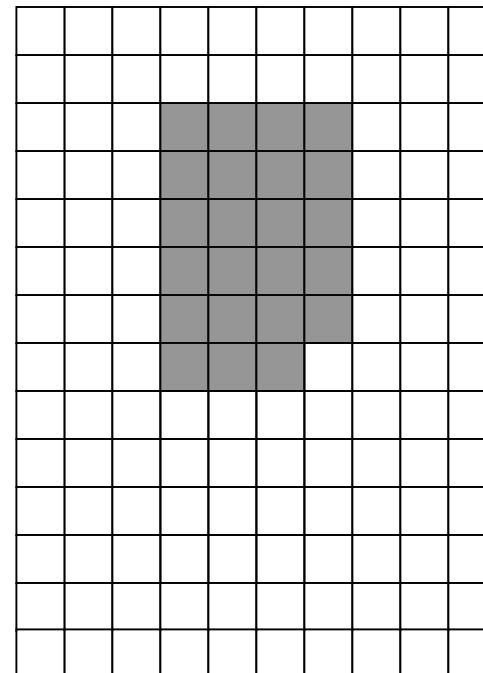
Structuring
Element



Original Image



After Erosion



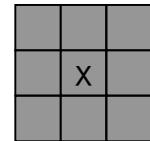
After Opening

닫힘 연산 Closing operation

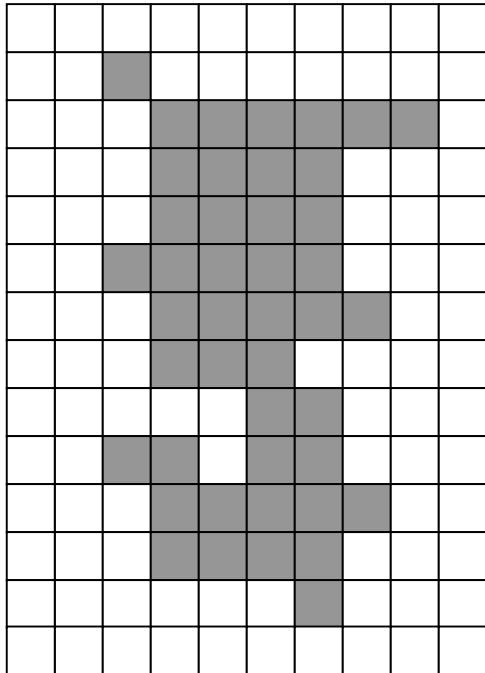
- 팽창^{Dilation} 연산을 수행한 후 다시 침식^{Erosion} 연산 적용
- 객체 내부의 작은 구멍^{hole}이나 간격^{gap}을 채움

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B$$

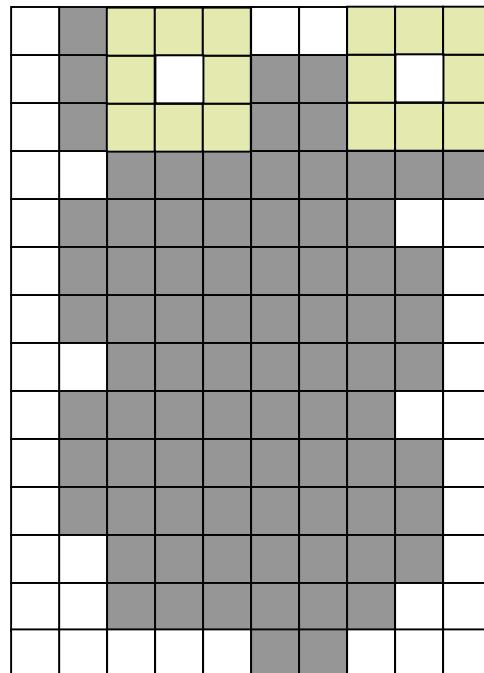
example



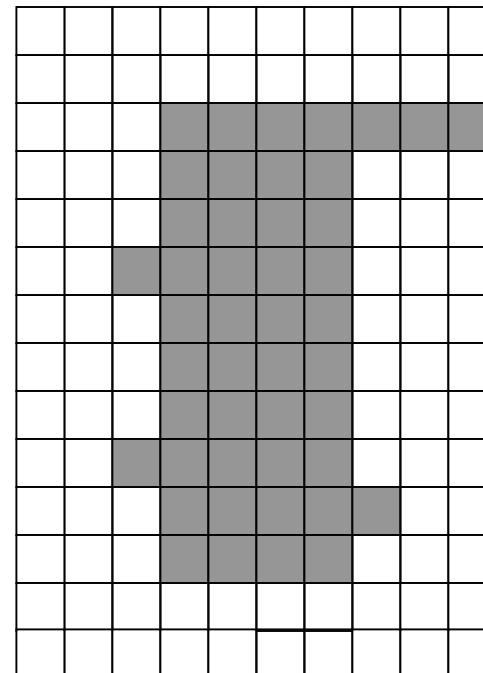
Structuring
Element



Original Image



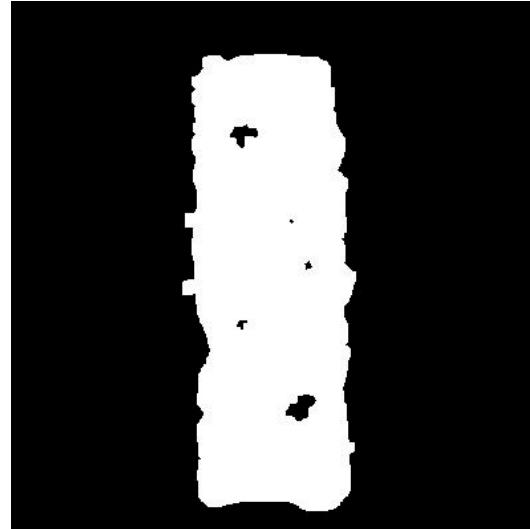
After Dilation



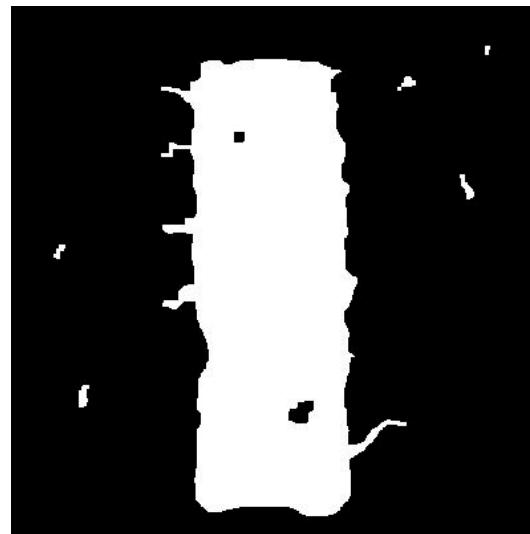
After Closing



Original image



Opening with SE
of rectangle (7x7)



Closing with SE
of rectangle (7x7)



dilation



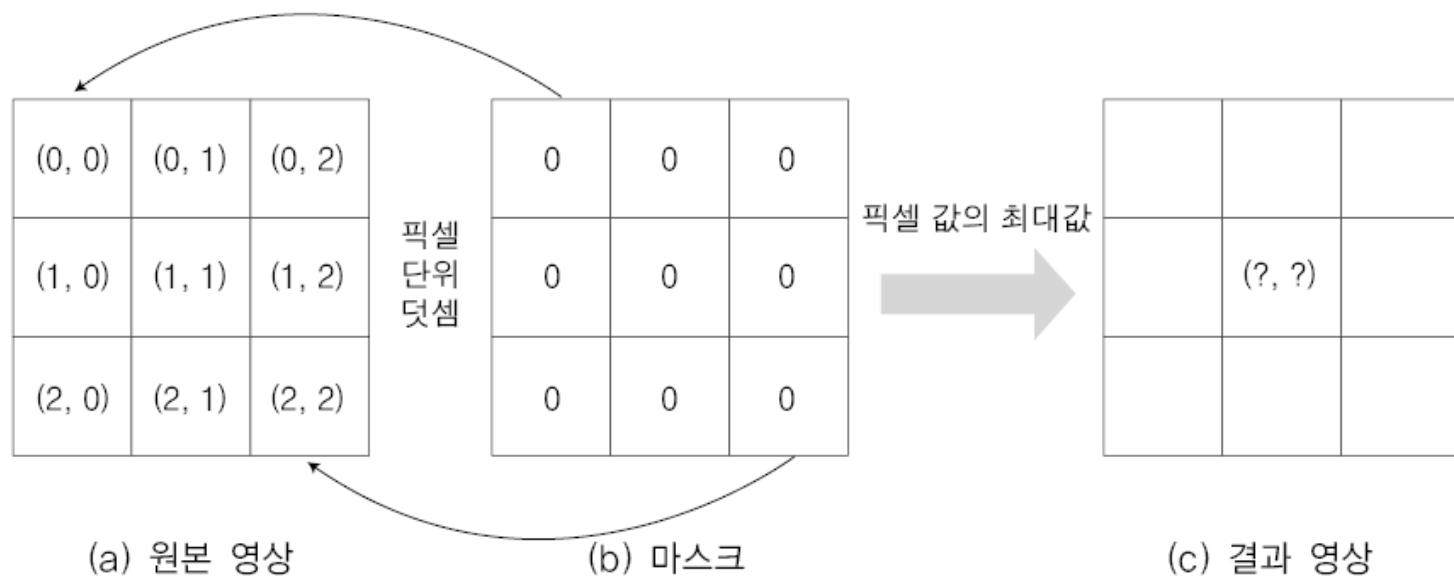
erosion



gradient

그레이 영상의 팽창연산

- 그레이 영상에서 객체를 더 밝게 하여 객체를 크게 보이게 하는 효과
- 침식처럼 밝기가 균일하지 않은 영역에서 효과적으로 동작
- 사용되는 형태소 마스크의 특징은 모든 화소를 0~255까지의 범위로 변화 시킬 수 있도록 구성할 수 있음.
- 팽창연산의 결과로 화소 값이 255에 가까운 값이 되도록 형태소 마스크를 구성하면 더욱 분명한 팽창 효과를 얻을 수 있음.

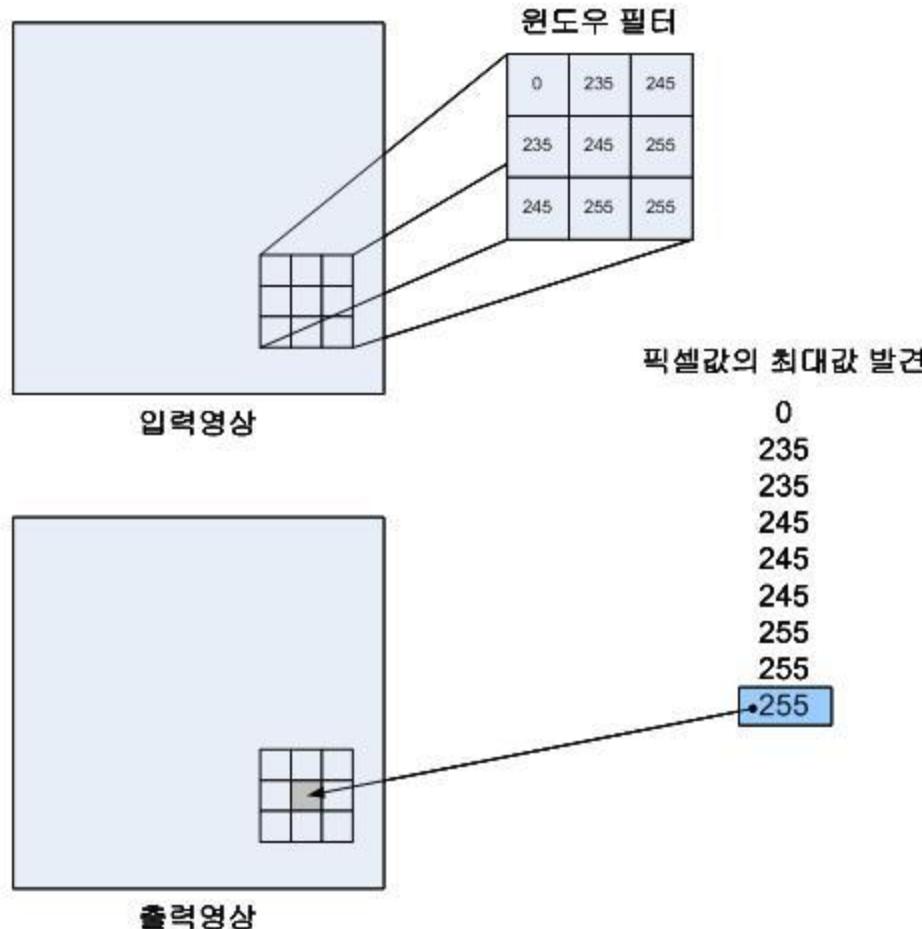


[그림 11-22] 그레이 영상에서 팽창 수행 과정

그레이 영상의 팽창연산(계속)

결과 화소가 결정되는 것은 다음과 같이 표현 가능

$$O(x, y) = \max\{\text{입력 화소 밝기와 마스크 화소의 각 합}\}$$

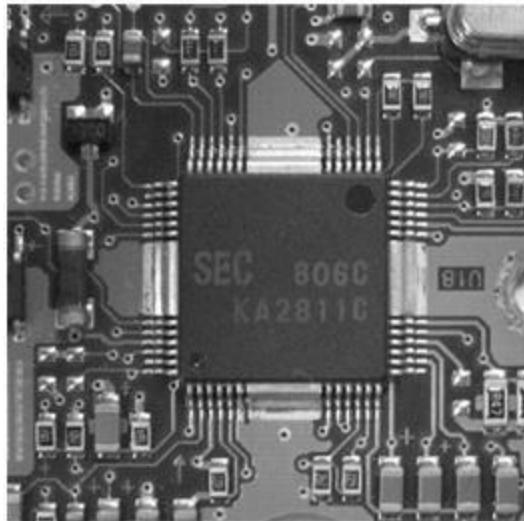


[그림 11-23] 그레이 영상에서 발견한 최대값으로 팽창 수행

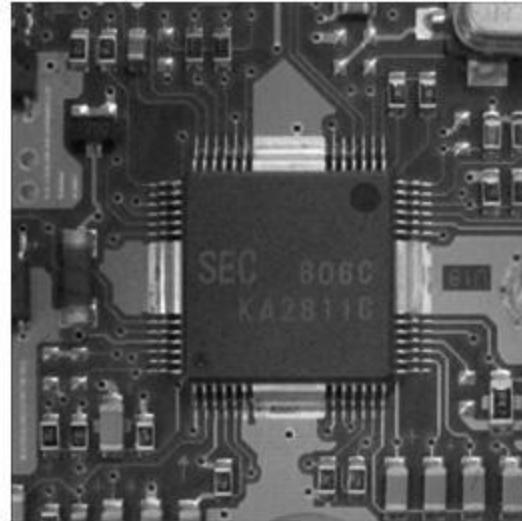
[실습하기 11-3] 그레이 영상의 침식 연산 프로그램

⑤ 프로그램 실행 결과 영상

- 각 객체의 밝은 색이 줄어들어 축소된 효과



(a) 입력 영상



(b) 결과 영상

실제 그레이 영상에서 침식을 수행한 결과 영상

[실습하기 11-4] 그레이 영상의 팽창 연산 프로그램

⑤ 프로그램 실행 결과 영상

- 입력 영상보다 객체의 밝기가 밝아져 팽창된 결과



(a) 입력 영상



(b) 결과 영상

실제 그레이 영상에서 팽창을 수행한 결과 영상



dilation



erosion

그레이 영상의 열림과 닫힘연산

- 이진 영상에서 열림과 닫힘연산은 침식과 팽창으로 얻음.
- 그레이 영상도 그레이 영상의 침식과 닫힘연산을 이용하여 그레이 영상에서 열림과 닫힘연산을 수행
- 이진 영상의 결과처럼 경계선이 부드러워진 효과



(a) 입력 영상



(b) 열림연산 결과 영상



(c) 닫힘연산 결과 영상

[그림 11-24] 실제 그레이 영상에서 열림과 닫힘연산을 수행한 결과 영상



Thank you